

# Hoe schepen veilig getijhoogteverschillen kunnen overbruggen: de zeesluis

**Björn van de Walle & Tom De Mulder\***

\*Waterbouwkundig Laboratorium, Berchemlei 115 B-2140 Antwerpen

Nee, een zeesluis is geen vies beestje dat de haarbos van zeevarenden teistert, maar een constructie die alom bekend is en schepen in staat stelt om veilig de tijverschillen tussen zee of haven en de achterliggende binnenwateren te overbruggen. Zeesluizen en binnenvaartsluizen horen thuis in de grotere familie van de schutsluizen of 'sassen', die worden ingezet om de scheepvaart toe te staan hoogteverschillen tussen twee waterlichamen te trotseren. Omdat een schip nooit een enkele waterkering kan passeren, bestaan schutsluizen uit twee waterkeringen met daartussen een kort stukje kanaal (de 'sluiskolk'). Net door die dubbele constructie kan een schip in twee bewegingen het peilverschil tussen de twee wateren (het 'verval') de baas. Ze bestaan in maten en gewichten en zijn vaak ingenieus gebouwd. Meer nog, de Vlaamse knowhow speelt in deze een toonaangevende rol!



■ Zeesluizen, zoals hier de Pierre Van Dammesluis in Zeebrugge, stellen schepen in staat om veilig getijverschillen tussen de zee of haven en de achterliggende binnenwateren te overbruggen (MD)

## Een greep uit andere sluis types...

Een **uitwaterings- of suatiesluis** laat de afwatering toe van een laaggelegen gebied zoals een polder, naar zee of in een kanaal of rivier. Een natuurlijke afwatering is enkel mogelijk wanneer de waterstand op zee of in de rivier lager is dan de waterstand in het laaggelegen gebied. Wanneer de waterstand op zee (bij hoogtij) of in de rivier hoger is dan in het laaggelegen gebied wordt de sluis gesloten. Voorbeelden van uitwateringssluizen langs de kust zijn deze van het Schipdonk- en Leopoldkanaal, die afwateren naar zee via de haven van Zeebrugge.

Tegenwoordig worden de havens gebaggerd, maar vroeger bouwde men **spuisluizen** om havengeulen op diepte te houden. Tijdens een vloedbeweging komt het zeewater, beladen met zand en slib, de haven binnengestroomd. In de haven krijgen deze sedimenten rustig de tijd om te bezinken. Wanneer men geen actie onderneemt, dreigt de haven op lange termijn dicht te slibben. Door een spuisluis open te zetten bij vloed, het zeewater een spuikom te laten binnenlopen en vast te houden, en het enkele uren later bij laag water terug met volle kracht door de haven te jagen, kon het bezonken sediment zeewaarts worden verplaatst. In Oostende en Blankenberge vindt men nog de restanten van spuisluizen en de bijhorende spuikommen. Ook op het kanaal Gent-Terneuzen moet steeds een minimum debiet aan zoet water 'gespuid' of afgevoerd worden. Dit is niet bedoeld om sedimenten op te ruimen, maar om het binnendringen van zout water uit de Westerschelde via de schuttingen in de sluisen van Terneuzen tegen te gaan, zodat het kanaalwater niet te veel verzilt.

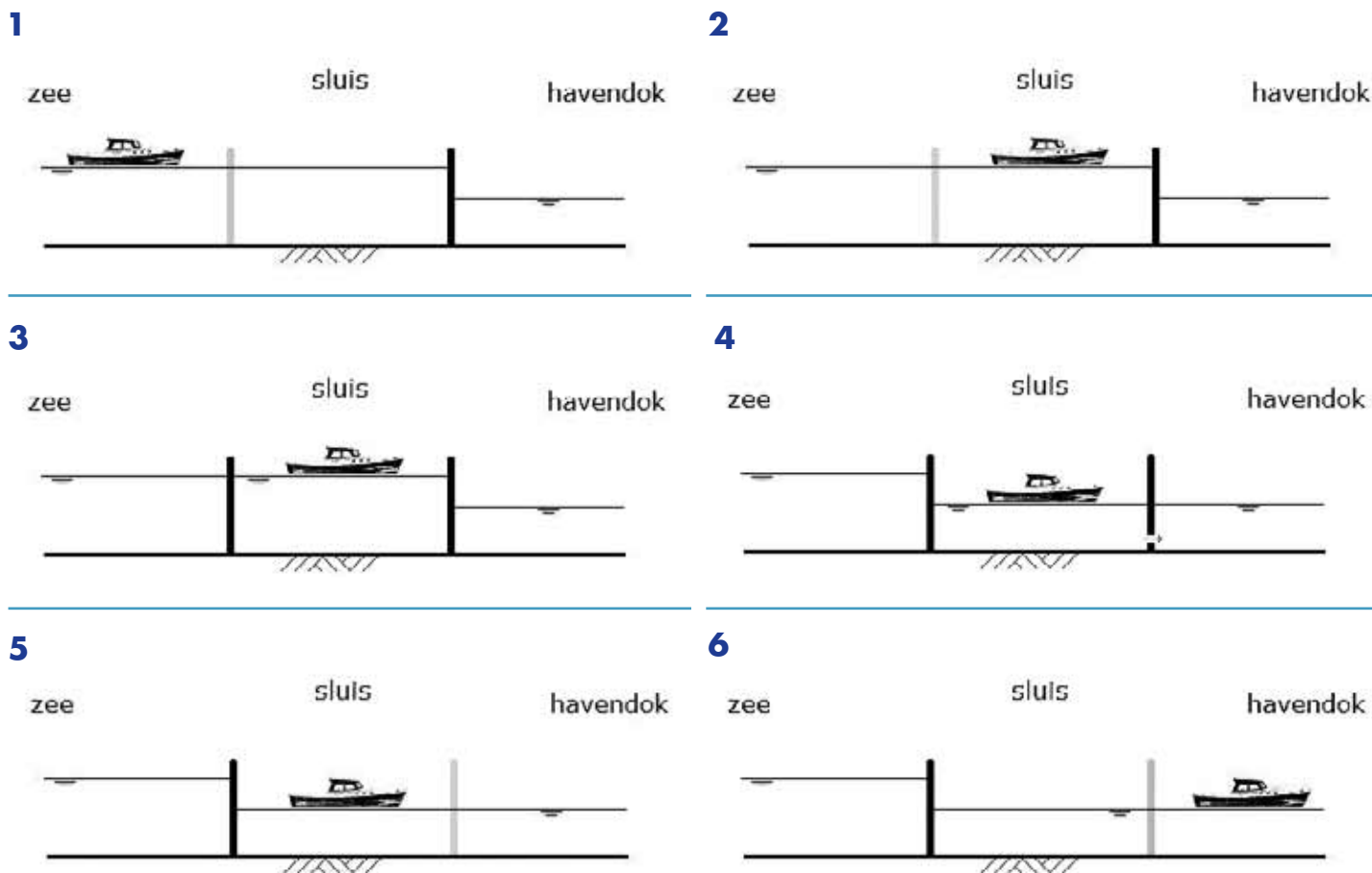
**Keersluizen** sluiten een droogdok af van een rivier of zijn constructies die gesloten worden wanneer een haven, een stad of een gebied bedreigd wordt door een uitzonderlijk hoge waterstand. De keersluis te Beernem bijvoorbeeld, moet de stad Brugge beschermen tegen overstromingen door Leiewater dat via het kanaal Gent-Oostende naar Brugge stroomt. Bij overstromingsgevaar kan de vaarweg volledig worden afgesloten door een hefdeur neer te laten.

## Schutsluizen in maten en gewichten

Een schutsluis is eigenlijk een soort lift voor schepen. Ze bestaat uit een sluiskolk, die een waterstand heeft die varieert tussen de peilen van de twee wateren aan beide zijden van de schutsluis. De bestaande schutsluizen kunnen ingedeeld worden in twee grote groepen: zee(vaart)sluizen en binnenvaartsluizen. De naam zegt het zelf: zeesluizen zijn sluisen die aansluiting geven van de zee of van een tijrivier zoals de Schelde op een niet-tijgebonden rivier, kanaal of havendok. Binnenvaartsluizen scheiden twee binnenwateren.

Wanneer het schip van een hoger naar een lager gelegen waterpeil wordt overgebracht, spreekt men van 'afschutten'. In het omgekeerde geval gebruikt men de term 'opschutten'.

Havens zijn meestal gelegen achter een schutsluis. Immers, zo blijft het havenwater vrijwaard van grotere golven en van getijdewerking. Soms kan men er toch voor kiezen om een haven uit te bouwen vóór een sluis, een zogenaamde tijgebonden haven. De reden hiervoor is dat het passeren van een sluis een aanzienlijk tijdsverlies betekent voor een schip. Voorbeelden van tijgebonden havengebieden zijn de voorhavens van Zeebrugge en Oostende en het Deurganckdok in de haven van Antwerpen. Toch zijn er heel wat nadelen aan een tijgebonden haven. Zo beweegt het schip



■ Werking van een schutsluis. Voor de verklaring: zie tekst hieronder (BV)

mee met het getij en dient de laad- en losinfrastructuur daaraan aangepast te worden. Bovendien zal het schip bij gure weersomstandigheden ook in de golfwerking niet stil liggen. Dit kan het laden en lossen sterk bemoeilijken. Daarom is het voor sommige schepen gunstiger afgemeerd te liggen in een beschutte haven, achter een sluis waar het waterpeil kan geregeld worden en, nog belangrijker, constant kan worden gehouden.

### Werking van een schutsluis

Bovenstaande figuur illustreert de werking van een sluis. Veronderstel dat een schip vanop zee een beschutte haven wil binnenvaren. Op zee is het hoog water en het waterpeil in de sluiskolk staat gelijk aan het waterniveau op zee.

- 1 Wanneer het schip de sluis nadert worden de sluisdeuren aan de zeezijde (d.i. het benedenhoofd) geopend.
- 2 Het schip vaart de sluiskolk binnen, al dan niet onder begeleiding van sleepboten.
- 3 Wanneer het schip in de sluiskolk ligt worden de deuren in het benedenhoofd gesloten.
- 4 Vervolgens wordt de sluiskolk in verbinding gesteld met het havendok achter de sluis. Een hoeveelheid water, de 'kolkomzetting' genoemd, stroomt uit de sluiskolk



■ Tijdens de bouw van de Liefkenshoektunnel kreeg de Kallosluis in Antwerpen wel een heel aparte bezoeker. De tunnelelementen van de Liefkenshoektunnel, die in een droogdok (het huidige Vrasenedok) waren gebouwd, werden via de Schelde naar hun definitieve plaats gesleept en afgezonken (bron: [www.liefkenshoektunnel.be](http://www.liefkenshoektunnel.be))

- in het havendok. Door de wet van de communicerende vaten zal het ledigen van de sluiskolk stoppen wanneer het water aan beide zijden van de deur in het bovenhoofd op hetzelfde niveau staat.
- 5 De deur in het bovenhoofd wordt geopend.
  - 6 Het schip vaart het havendok binnen.

Wanneer het laag water is op zee wordt in stap (4) de sluiskolk gevuld i.p.v. geleidigd met water uit het havendok.

### Sluisdeuren zwaaien, rollen of heffen

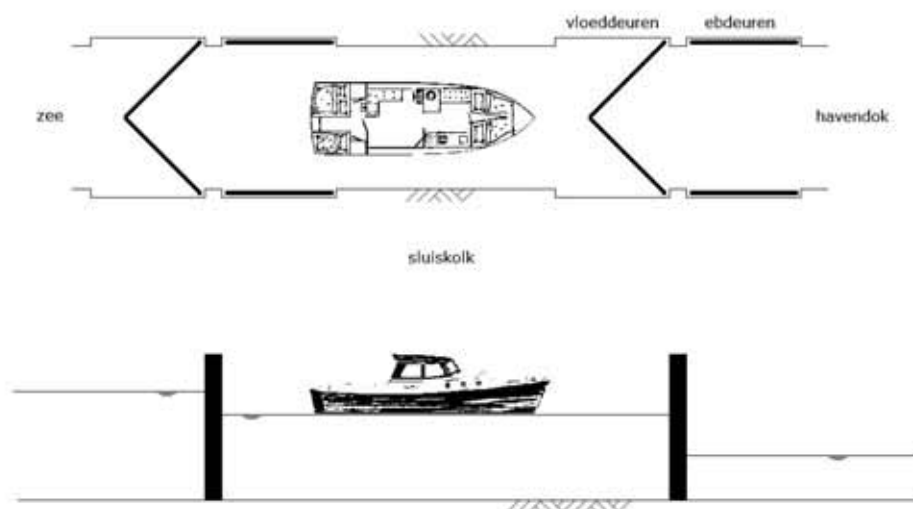
Een sluiskolk is eigenlijk niets meer dan een grote kuip, gevuld met water, die aan beide zijden afgesloten wordt door twee beweegbare waterkeringen: de 'sluisdeuren'. Deze waterkeringen situeren zich in de 'sluishoofden'. Bij zeesluizen spreekt men over het benedenhoofd als het sluishoofd langs de tijgebonden kant ligt en over het bovenhoofd als het sluishoofd zich aan de niet-tijgebonden kant bevindt. Er bestaan verschillende deurtypes. De drie voornaamste types zijn: zwaaideuren, roldeuren en hefdeuren. Bij kleinere sluisen komen zwaaideuren het meeste voor.

Onder de **zwaaideuren** zijn de puntdeuren (uit hout of staal) het meest in trek. Het openen en sluiten van dergelijke sluisdeuren is te vergelijken met het open- en dichtzwaaien van een hekken. In geopende stand verdwijnen de deuren in een deurnis. In gesloten stand vormt elk deurenpaar een 'V'. Daarbij steunen de deuren enerzijds op elkaar en anderzijds op de zijwanden van de sluiskolk. De punt van de 'V' wijst steeds naar de hoogste waterstand. Zo kan de waterdruk worden benut om de deuren naar elkaar toe te drukken. Het water duwt de deuren (water)dicht en de druk wordt afgedragen naar de zijkanten van de sluiskolk. Bij zeesluizen worden puntdeuren altijd dubbel uitgevoerd. Een zeesluis telt vier paar deuren: twee paar vloeddeuren en twee paar ebdeuren. Bij hoog water gebruikt men de vloeddeuren, bij laagwater de ebdeuren. De punt van de 'V' dient steeds gericht te zijn naar de hoogste waterstand zodat de waterdruk kan worden afgedragen.

Een tweede type sluisdeuren zijn **roldeuren**. Ze kunnen worden vergeleken met grote schuifpoorten die op rails lopen of bovenaan opgehangen zijn aan een rail. Deuren van het zogenaamde kruiwagentype (cfr. de Pierre Vandammesluis te Zeebrugge), hebben zowel een rolwagen boven (waaraan de deur 'hangt') als één beneden (waarop de deur steunt). Wanneer de deuren moeten worden geopend, worden deze opzij gerold in een daarvoor voorziene deurkamer. Ook bij roldeuren heb je vier deuren, één paar aan het bovenhoofd en één paar aan het benedenhoofd. Dit is niet om het water in twee richtingen te kunnen keren want een roldeur kan dit sowieso, maar om redenen van



De Visserijsluis, die het Visserijdok te Oostende verbindt met de havengeul, is uitgerust met twee paar puntdeuren. Door deze sluis is de achterliggende vissershaven getijvrij (VL)



De punt van de 'V' waarin de puntdeuren geplaatst worden wijst steeds naar de hoogste waterstand. Bij hoog water op zee gebruikt men de vloeddeuren. De ebdeuren worden opgeborgen in de deurnissen. Bij laag water op zee gebruikt men de ebdeuren en worden de vloeddeuren opgeborgen in de deurnissen (BV)





bedrijfszekerheid. Wanneer de ene deur niet kan gebruikt worden, bv. na beschadiging of door herstellings- of onderhoudswerken, gebruikt men de andere deur.

De roldeuren in de Van Dammesluis zijn gigantische constructies: elke deur is 58,6 m lang, 10,9 m breed en 24,3 m hoog! Veel is daar echter niet van te zien. De deuren bevinden zich grotendeels onder water. De stalen roldeuren zijn erg zwaar. Zo weegt één deur van de Van Dammesluis ca. 2000 ton. Het volle gewicht van een deur laten rusten op de rails onderaan de deur zou een bijzonder zware belasting en slijtage betekenen. Daarom brengt men in roldeuren luchtkisten aan. Deze waterdichte met lucht gevulde kamers zorgen, eens ze zich onder het laagste waterniveau bevinden, dankzij de Archimedeskracht voor een ontlasting van de rails.

**Hefdeuren** zijn een derde type afsluitconstructies aangewend bij sluizen. Ze worden uit het water geheven wanneer de sluis dient geopend te worden. Ze hangen a.h.w. als een soort van zwaard van Damocles boven het binnen- of buitenvarend schip. De doorvaarhoogte is beperkt en daardoor zijn hefdeuren niet geschikt om bij een zeesluis gebruikt te worden. Zeesluizen moeten immers toegankelijk zijn voor grote, hoog boven het water uittorende zeeschepen. Er bestaan ook sluizen waarbij de deur wegzinkt in de bodem (bijvoorbeeld de opwaartse deur van de sluis te Zemst op het Zeekanaal Brussel-Schelde).

## Hoe vul je een (zee)sluis?

Het vullen of ledigen van een sluiskolk - men zegt ook wel het 'nivelleren' - kan gebeuren via openingen in de deuren, via korte omloopriolen of via langsriolen met zijspuiten in de wanden of in de bodem van de sluiskolk.

### Niet te traag, niet te snel

Openingen in de deuren bevinden zich bijna altijd volledig onder water. Wanneer het water via de openingen in de sluiskolk stroomt, verplaatst een grote massa water zich van de ene kant van de sluis naar de andere kant. Dit gaat gepaard met een zogenaamde translatiegolf die botst op de tegenoverliggende deur. Het uiteindelijke resultaat is een schommelende watermassa in de sluiskolk, vergelijkbaar met het klotsen van het water wanneer je te snel in een ligbad glijdt. De schepen in de sluiskolk ondervinden heel wat hinder van deze golfbeweging. De trossen waarmee deze schepen zijn vastgemaakt op de kaai hebben grote krachten te verduren. Het knappen van één of meerdere van deze trossen kan tot gevaarlijke situaties leiden. Bij het hydraulisch ontwerp van een niveleersysteem dient dus niet alleen gezorgd te worden dat de nivelleertijd minimaal is (zodat het oponthoud voor de sche-



■ Op de zwart-wit beelden is te zien hoe de roldeur van de Van Dammesluis vlottend wordt aangevoerd en in de deurkamer geplaatst (afdeling Metaalstructuren). Het kleurbeeld toont een actuele weergave van de werking van de roldeur (cfr. horizontaal, deels naar rechts geschoven volume op de voorgrond (MD))

## Sluizen als militair verdedigingsinstrument

Sluizen zijn in de loop van de geschiedenis ook wel ingezet als verdedigingsmiddel. Een gekend voorbeeld hiervan zijn de sluizen op de IJzer in Nieuwpoort tijdens de Eerste Wereldoorlog. Eind oktober 1914 's nachts konden de schuiven van de overlaat op de Veurne-Ambacht waterloop onopvallend worden geopend. Gedurende drie vloedbewegingen stroomde zeewater de Noordvaart binnen en overstroomde het gebied ten westen van de IJzer. Bij eb sloot men de schuiven zodat het overstromingswater niet wegtrok. Bovendien moesten een aantal openingen onder de spoorwegbedding Nieuwpoort-Diksmuide gedicht worden. De ontstane watervlakte bood het Belgische leger een

betere verdedigingspositie tussen Nieuwpoort en Diksmuide en hielp de Duitse opmars te stuiten (bron: J. Leper, J. Vols, P. Van Pul e.a.).



■ Herdenkingspostkaart van de heroïsche onderwaterzetting van de IJzervlakte (Ligue Nationale du Souvenir Brussel, verzameling J. Callenaere).



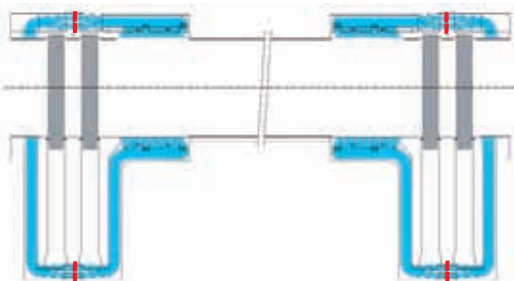
pen tijdens het schutten beperkt wordt). Ook dienen de troskrachten onder een bepaalde drempelwaarde te blijven zodat de nivellering voldoende rustig verloopt voor de in de kolk aangemeerde schepen. Er moet met andere woorden bij het ontwerp een compromis gezocht worden.

In elk van de roldeuren van de Van Dammesluis (Zeebrugge) zijn vijf openingen aangebracht. Deze openingen hebben een diameter van 1,8 m. Elke opening kan het water aan de ene kant van de deur ofwel afsluiten van, ofwel verbinden met het water aan de andere kant van de deur. Dit gebeurt door het sluiten, resp. openen van een vlinderklep. Het vullen van de sluis bij hoog of bij laag water duurt al snel minstens een half uur.

Om de grote schommelingen in de krachten op de trossen zo klein mogelijk te maken en om het 'klotsen' van het water in de sluis tegen te gaan, wordt het openen geleidelijk gedaan volgens een vooraf bepaalde 'openingswet'. In het begin verloopt het openen zeer traag waarna het geleidelijk versnelt. De totale openingstijd van de openingen kan al gauw enkele minuten bedragen.

#### Water injecteren kan op verschillende manieren

Bij een vulsysteem met korte omloopriolen wordt het water niet door de deuren maar rond de deuren geleid. In elk sluishoofd



Op het planzicht van de Berendrechtsluis zijn korte omloopriolen (blauw) met verticale hefschuiven (rood) te zien die net achter de sluisdeuren (grijs) in de sluiskolk uitmonden. Aan één zijde van de sluiskolk zijn deurnissen aangebracht. De riolen aan die zijde van de sluiskolk zijn langer dan die aan de tegenoverliggende zijde (WL)

Omloopriolen van moderne zeesluizen zijn grote riolen waarin gemakkelijk een auto kan rijden. Dit is duidelijk te zien in bovenstaande foto, genomen vanuit de lege Berendrechtsluis (let op de barak rechts vooraan op de foto ter inschatting van de afmetingen). In de wanden van de sluiskolk zijn de spruiten te zien: zeven rechthoekige openingen met een hoogte van 3,25 m en breedte van 5 m. Deze spruitmonden vormen het uiteinde van de omloopriolen, die een sectie hebben van 7m x 7m. Gedurende enkele minuten moeten immers grote hoeveelheden water kunnen worden verplaatst. Vermits het niveauverschil tussen het opwaartse en afwaartse peil van de zeesluizen meestal niet echt groot is in België, kan het debiet waarmee de sluiskolk gevuld wordt enkel maar vergroot worden door de natte sectie van de omloopriolen te vergroten, dus door een grotere diameter (bron: afd. Metaalstructuren)

wordt aan beide zijden van de kolk een omloopriool uitgespaard. Door het openen van schuiven in de omloopriolen, komt het water net achter de deuren de sluiskolk binnen en veroorzaakt ook hier weer een stroming van water van de ene kant van de sluiskolk naar de andere kant.

Om bij sluizen met een groot verval en een grote oppervlakte toch een relatief 'rustige' nivellering te verwezenlijken, gebruikt men langsriolen met zijspruiten. Hierbij worden de spruitmonden verdeeld over de volledige lengte van de sluiskolk en niet in of net achter de deur. De spruitmonden bevinden zich in de zijwanden van de sluiskolk, helemaal tegen de bodem. De riolen en de spruiten moeten goed gedimensioneerd worden om een gelijkmatige debietsverdeling over de kolk lengte (en dus lage troskrachten) te bekomen.

Bij sluizen met een nog groter verval bevinden de spruitmonden zich niet in de zijwanden, maar in de bodem van de sluiskolk. Bij dergelijke sluizen zijn er dus niet alleen langsriolen in de kolkwanden maar ook bodemriolen onder de sluisvloer. Bij het vullen spuit het water door de openingen omhoog, tegen de zwaartekracht in en verliest op deze manier haar energie, net zoals bij een tuinslang die je vertikaal omhoog houdt. Ook de bestaande sluizen op het Panamakanaal han-

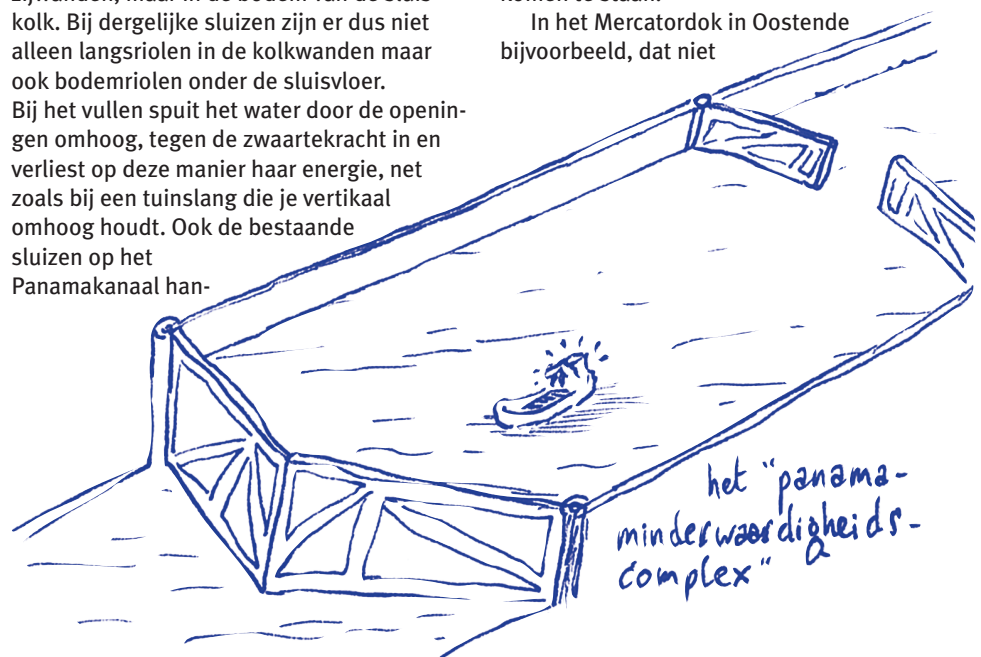
teren een dergelijk nivelleersysteem.

Voor de toekomstige "post-panamax sluizen" opteerde men in het voorontwerp voor langsriolen met zijspruiten en met dubbel uitgevoerde langsriolen. Hierbij zorgt de ene riool voor een centrale voeding van de tweede riool, en kunnen de zijspruiten van deze laatste de kolk zo gelijkmatig mogelijk vullen.

#### Waar het water halen?

Het water dat men nodig heeft om een sluiskolk te vullen moet érgens vandaan komen. Aangezien water nog steeds niet vanzelf naar boven stroomt, gebruikt men water van een hoger gelegen pand of reservoir om de sluiskolk te vullen. Dit hoger gelegen pand verliest dus water. Wanneer veel schepen geschut moeten worden, kan het hoger gelegen pand zonder de nodige watertoevoer in extremis droog komen te staan.

In het Mercatordok in Oostende bijvoorbeeld, dat niet







■ Sluizen zijn ontworpen voor bepaalde scheepstypes of om bepaalde combinaties van schepen in één keer te kunnen schutten. De techniek staat echter niet stil en schepen worden steeds groter. In bovenstaande foto is het containerschip Ever Racer te zien terwijl het in de Miraflores sluis (Panamakanaal) gesloten wordt. De afstand tussen de romp van het schip en de wanden van de sluis bedraagt aan weerszijden slechts 60 cm! Het grootste mogelijke containerschip dat in de bestaande sluis van het Panamakanaal past, wordt een "panamax" genoemd. Het kan ongeveer 4500 twintig-voet-containers (20 Engelse voet komt overeen met een lengte van ca. 6 m) vervoeren. (T. De Mulder)

gevoed wordt vanuit het achterland, heeft men hiervoor een oplossing bedacht. Bij een schutbeweging van hoog water op zee naar 'gemiddeld' dokpeil zal men bij het ledigen van de sluis de bodem van de sluis gebruiken om het Mercatordok bij te vullen. Op deze manier bouwt men een reserve aan water op dat kan worden gebruikt bij schutbewegingen van 'gemiddeld' dokpeil naar laag water op zee. Men kan schepen schutten in de sluis totdat een waterpeil van +3,20 m bereikt wordt in het dok. Lager dan dit waterpeil kan en mag men niet gaan omdat het Mercatorschip anders met de kiel op de bodem van het dok zou komen te liggen en de elektrische bedrading van de pontons een te grote spanning zouden ondergaan. Meer water in het dok steken bij hoog water kan ook niet omdat de kelders van de basculebruggen (moderne versie van ophaalbrug) anders onder water komen te staan. Deze kelders bevatten het tegengewicht van het op te halen brugsysteem.

### Bijkomend probleem bij zeesluizen: de scheiding van zout en zoet

Zeesluizen scheiden twee soorten water: zout zeewater en zoet rivierwater. Wanneer zout en zoet water met elkaar in aanraking komen ontstaat brak water. Vermits zout en brak water de landerijen en akkers onvruchtbaar maken, en ook minder geschikt zijn voor de industrie, is het af te raden dit soort water ver in het achterland te laten doordringen.

Men kan echter niet volledig vermijden dat zout water doordringt tot achter een sluis. Wanneer men 's winters thuis de voordeur opent kan men ook niet verhinderen dat er een zekere hoeveelheid warme lucht naar buiten verdwijnt en dat er koude lucht binnendringt. Om de hoeveelheid binnendringend zoutwater te minimaliseren, heeft men - met wisselend succes - een aantal oplossingen bedacht.

#### Wat is het probleem?

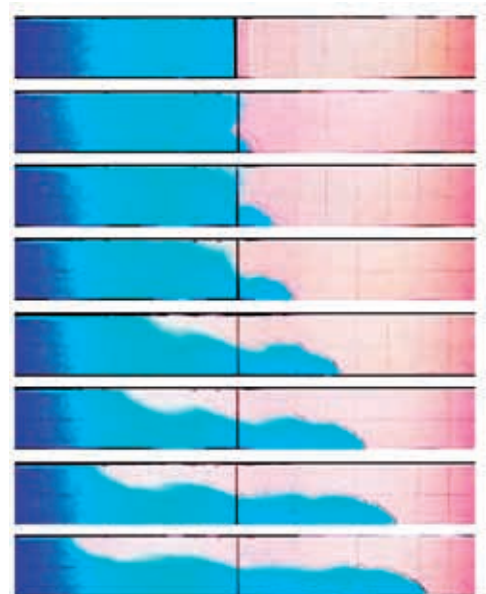
Wanneer een sluisdeur geopend wordt en zout water in contact komt met zoet water, ontstaan er zogenaamde 'densiteitsstromingen'. Bij een ogenschijnlijk kalm wateroppervlak schuift het zoute water onder het zoete water. Zout water is immers zwaarder dan zoet water (1 m<sup>3</sup> zout water: ca. 1025 kg, 1 m<sup>3</sup> zoet water ca. 1000 kg). Het optreden van deze densiteitsstromingen maakt het moeilijk om een schip veilig de sluis in te loodsen, en kan ook aanleiding geven tot extra krachten op de in de kolk aangemeerde schepen. Oplossing zou je denken, is toch gewoon de uitwisseling van zout en zoet water te beperken door de sluisdeuren zo kort mogelijk open te houden?

#### Over troggen en luchtbellengordijnen

Helaas is een korte openingstijd van de sluisdeuren in praktijk niet altijd mogelijk vanwege de trafiek die de sluis te verwerken heeft. Dan kunnen (kleine) constructieve

ingrepen een oplossing bieden. Men kan bijvoorbeeld een trog voorzien aan het bovenhoofd. Een trog is een lokale verdieping in de vloer buiten de sluis deuren waarin het zwaardere zoute zeewater kan wegzinken t.v.v. het zoete water. Dit zoute zeewater kan nadien weggepompt (of gravitair gespuist) worden. Bij de Zandvliet sluis werd een dergelijke trog voorzien, die tegenwoordig eerder dienst doet als slibvang dan als zoutwatervang.

Bij andere sluisen is in de sluis deuren t.h.v. het benedenhoofd een luchtbellengordijn aangebracht. Dit gebeurt middels een geperforeerde rubberen slang aangebracht op de bodem van de sluis deuren. Door de slang wordt lucht gejaagd die opborrelt en helpt het zout van het zoet water te scheiden. De sluisen die gebouwd zijn tijdens de Deltawerken in Nederland maken gebruik van een ingenieus vulsysteem dat voortbouwt op het principe dat zout water zwaarder is dan zoet water (meer informatie en animaties: [www.deltawerken.com](http://www.deltawerken.com)). Door het gecontroleerd weg- of inpompen van zoet of zout water kan men de wateruitwisseling tot een minimum beperken. Het in- of wegpompen van zout water gebeurt immers aan de onderzijde van de sluis waar het zout water door een geperforeerde bodem wegzinkt in een kelder onder de sluis deuren. Het zoetwatertransport gebeurt dan weer via openingen die in de zijwanden van de sluis zijn aangebracht op een bepaalde hoogte. Het is onvermijdelijk dat kleine hoeveelheden zoet water in zee terecht komen, maar in theorie zou er geen druppel zout water in het zoete water mogen belanden.



■ Densiteitsstromingen treden op wanneer twee watermassa's met een verschillende dichtheid (bijvoorbeeld zout water en zoet water) met elkaar in contact komen. Dit geschiedt bijvoorbeeld bij het openen van een sluisdeur. Bovenstaande figuren geven een beeld van de ontwikkeling van een zoutwatertong (blauw) nabij de bodem en een zoetwatertong (roze) nabij het wateroppervlak (bron: J.W. Rottman, Univ. of California, San Diego)

## Grootste zeesluis ter wereld is Vlaams

Geloof het of niet, maar de grootste sluis ter wereld is de Berendrechtsluis in de Antwerpse haven! De sluis heeft een lengte van zo maar eventjes 500 m en een breedte van 68 m (zie tabel). Deze sluis is uitgerust met roldeuren. Bij een verval van 5 m bedraagt de 'kolkomzetting' 170.000 m: dit is evenveel als een gebouw met het oppervlak van een voetbalveld en een hoogte van 24 m! De grootste zeesluis aan de Vlaamse kust is de Pierre Van Dammesluis in Zeebrugge (zie eerder). Ze mag dan wel even lang zijn, haar breedte is met 57 m toch iets bescheidener.

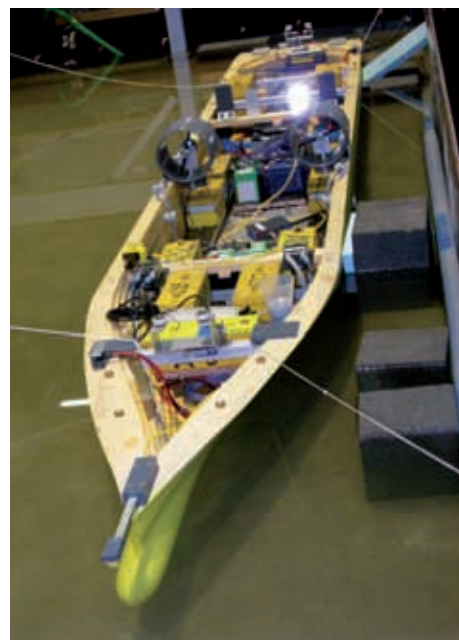
## De Vlaamse knowhow internationaal gewaardeerd

De Vlaamse knowhow inzake ontwerp, bouw en exploitatie van zeesluizen wordt internationaal gewaardeerd. Voor de uitbreiding van het Panamakanaal worden nieuwe sluizen ontworpen die grotere containerschepen (zogenaamde "post-panamax" schepen met een capaciteit van 12.000 twintig-voet-containers) moeten toelaten.

Het voorontwerp van de post-panamax sluizen gebeurt sinds enige jaren door een Belgisch-Frans consortium (Consorcio Post-Panamax, onder leiding van Technum/Oostende) dat een beroep doet op expertise bij de Vlaamse overheid. Zo hebben experts van de afdeling Metaalstructuren meegewerkt aan het ontwerp van de roldeuren. Het hydraulische ontwerp van het nivelleersysteem is mee uitgevoerd door experts van het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) te Borgerhout. Momenteel voert het WL in opdracht van de Autoridad del Canal de Panamá (ACP) een schaalmodelstudie (schaal 1:80) uit over het in- en uitvaren van de toekomstige sluizen met het ontwerpschip van 12.000 twintig-voet-containers.

In opdracht van de minister van openbare werken wordt er momenteel op het WL een kenniscentrum uitgebouwd over de hydraulische aspecten van schutsluizen.

De bedoeling hiervan is de beschikbare kennis te beheren en ter beschikking te stellen van de Vlaamse overheid en van Vlaamse bedrijven die betrokken zijn bij internationale projecten.



■ Ontwerp van nieuwe sluizen voor het Panama kanaal: Schaalmodelstudie (schaal 1:80) in het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout in opdracht van de Autoridad del Canal de Panamá. Zicht op het ontwerpschip (met een capaciteit van 12.000 twintig-voet-containers) met instrumentatie (WL)

naam	plaats	lengte kolk [m]	breedte kolk [m]	drempelpeil [m T.A.W.]	nivelleersysteem	jaar indienst- stelling	deuren
Gravensluis	Nieuwpoort	45	8	0,532	schuiven in de deur	1921	houten puntdeuren
Veurnesluis	Nieuwpoort	45,1	8,5	0,07	schuiven in de deur	1921	houten puntdeuren
Visserijsluis	Oostende	80	15	ca. -4,9	schuiven in de deur	1930	houten puntdeuren
Mercatorsluis	Oostende	55	12	ca. -2,5	schuiven in de deur	1974	houten puntdeuren
Demeysluis	Oostende	120	17,5	- 4,70	schuiven in de deur	1905	stalen puntdeuren
P. Vandammesluis	Zeebrugge	500	57	- 15,19	vlinderkleppen in de deur	1983	roldeuren
Visartsluis	Zeebrugge	189	19,7	- 5,69	schuiven in de deur	1907	roldeuren
Zandvlietsluis	Antwerpen	500	57	- 13,58	korte omloopriolen	1967	roldeuren
Berendrechtsluis	Antwerpen	500	68	- 13,58	korte omloopriolen	1989	roldeuren
Boudewijnsluis	Antwerpen	360	45	- 10,33	korte omloopriolen	1955	roldeuren
Van Cauwelaertsluis	Antwerpen	270	35	- 9,83	langsriolen met zijspruiten	1928	roldeuren
Kallosluis	Antwerpen	360	50	- 12,58	korte omloopriolen	1983	roldeuren
Royerssluis	Antwerpen	182,5	22	- 6,41	lange omloopriolen	1908	roldeuren
Wintamsluis	Hingene	250	25	- 7,00	korte omloopriolen	1997	roldeuren

■ Deze tabel geeft de belangrijkste Vlaamse zeesluizen weer met hun afmetingen. De opsomming is beperkt tot de momenteel in werking zijnde sluizen gelegen aan de kust en langs het Vlaamse tijgebonden deel van de Schelde (de zogenaamde "Zeeschelde"). Stroomopwaarts stopt de inventaris ter hoogte van Hingene, d.i. aan de toegang tot het Zeekanaal Brussel-Schelde. De informatie in bovenstaande tabel is samengepuzzeld uit diverse bronnen, die niet altijd met elkaar in overeenstemming zijn. Bijgevolg dienen de cijfers in de tabel met de nodige omzichtigheid gehanteerd te worden. Wat betreft de lengte en breedte van de kolk moet men onderscheid maken tussen de werkelijke afmetingen en de nuttige afmetingen. De nuttige lengte is vaak kleiner dan de werkelijke lengte, bv. omwille van de veiligheid van de deuren. Bij sluizen met roldeuren varieert de lengte trouwens ook naargelang welke van de vier roldeuren in gebruik is. In de tabel is in dergelijke gevallen de lengte tussen de buitenste roldeuren vermeld. Ook de nuttige breedte kan kleiner zijn dan de werkelijke breedte, bijvoorbeeld door het aanbrengen van drijfbalken of rubberen stootkussens ("fenders") langs de kolkwand. Het drempelpeil van het benedenhoofd is uitgedrukt t.o.v. het momenteel geldige referentievlak T.A.W. en laat toe om de beschikbare waterdiepte boven de drempel te berekenen, indien het zeepeil gekend is t.o.v. hetzelfde referentievlak. Voor Zeebrugge bijvoorbeeld, ligt het G.L.L.W.S. (gemiddelde laag laagwater spring) op ca. - 0,19 m T.A.W. In de Zeeschelde te Prosperpolder (d.i. niet ver van de Berendrechtsluis) ligt dit peil op - 0,45 m T.A.W. en te Wintam op - 0,42 m T.A.W. Bij de oudere sluizen vermelden de plannen soms drempelpeilen t.o.v. andere referentievlakken of wordt het referentievlak niet expliciet vermeld, waardoor een (benaderende) omrekening nodig was. Voor de sluizen waarbij slechts mondelinge informatie werd doorgegeven, wordt het drempelpeil voorafgegaan door 'ca.'. Wat betreft het jaar van indienststelling, worden soms verschillende getallen vermeld in de literatuur. Het verschil tussen het einde van de werken, de werkelijke indienststelling en de officiële inhuldiging is niet altijd duidelijk. Verschillende instanties hebben informatie aangereikt en worden hier dankbaar vermeld: MOW/afd. Maritieme Toegang (Jan Goemaere), MDK/afd. Kust (Steve Timmermans, Hubert Kerrebrouck, Germain Cnudde), W&Z/afd. Bovenschelde (Els Serbruyens, Joris Duyck), MBZ (Christian Hindryckx) en diverse sluismeesters te Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge.